نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص ۵۳۸-۵۱۹

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.3, Fall 2021, p. 519-538

مقاله علمی- پژوهشی

پاسخ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مرتبط با عملکرد بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica* Fisch) به *ازتوباکتر* در مقایسه با کود اوره در خاک شور

نیلوفر باقری[1] و علیرضا پیرزاد[2]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۹

باقری، ن.، و پیرزاد، ع.، ۱۴۰۰. پاسخ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مرتبط با عملکرد بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica* Fisch) به *ازتوباکتر* در مقایسه با کود اوره در خاک شور. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۳): ۵۳۸-۵۱۹.

چکیده

بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica* Fisch)، با طول دوره رشد کوتاه، به‌عنوان یک گیاه دارویی سازگار با اقلیم ایران مطرح می‌باشد. این آزمایش با هدف بررسی و مطالعه اثر کود اوره و *ازتوباکتر* بر روی گیاه بالنگوی شهری در شرایط خاک شور به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۷ در دانشگاه ارومیه انجام شد. تیمارهای آزمایش در چهار سطح کود نیتروژنه (کود اوره (پنج گرم در هر مترمربع)، *ازتوباکتر* (*Azotobacter chroococcum*) با جمعیت 10^9 عدد باکتری زنده و فعال در هر گرم کود بیولوژیک به دو صورت محلول‌پاشی و بذرمال و تیمار بدون کود به‌عنوان شاهد) و دو بستر خاک (غیر شور ۰/۹۱ و شور ۶/۷۰ دسی زیمنس بر متر) مرتب شدند. تیمار کود اوره در دو مرحله (۹ و ۱۱ هفته پس از کاشت) به‌صورت دستی، کود بذرمال بیولوژیک هنگام کاشت در کرت‌های موردنظر در تاریخ ۲۱ اسفند ماه، و در تیمارهای محلول‌پاشی، ۱۱ هفته بعد از کاشت *ازتوباکتر* به صورت اسپری، بر روی گیاهان اعمال شدند. بذرمال *ازتوباکتر* در محیط شور باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی (۶۰/۶۳ گرم بر مترمربع با احتساب ریشه و۳۸/۱۰ گرم بر مترمربع بدون احتساب ریشه) شد. برخلاف کاهش طول ساقه در خاک شور، مخصوصاً با اعمال محلول‌پاشی *ازتوباکتر*، افزایش وزن گل با استفاده از کود اوره حتی در شرایط شور چشمگیر بود. بیشترین عملکرد دانه (۲۲/۷۱ گرم بر مترمربع) مربوط به گیاهان رشد کرده در محلول‌پاشی *ازتوباکتر* در شرایط غیر شور بود. باوجود کاهش فسفر بخش هوایی در شرایط تنش شوری، فسفر ریشه تحت تأثیر شوری قرار نگرفت. گیاهان در شرایط تنش شوری و محلول‌پاشی *ازتوباکتر* بیشترین غلظت کلروفیل کل و کارتنوئید را داشتند. کودهای اوره و بذرمال *ازتوباکتر* پرولین برگی را کاهش دادند. گلایسین بتائین و کربوهیدرات‌های محلول در آب تحت تأثیر شوری خاک و انواع کود نیتروژنه قرار نگرفتند. سدیم بخش هوایی و ریشه در خاک شور افزایش یافت و کاربرد کود اوره منجر به افزایش مضاعف آن شد. به‌طورکلی، صرف نظر از برخی تغییرات جزئی، شوری باعث کاهش در سطح پاسخ‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مرتبط با عملکرد گیاه بالنگو شده است. البته مصرف کودهای نیتروژنه باعث کاهش خسارت شوری به‌ترتیب در تیمارهای بذرمال *ازتوباکتر* و اوره شد. محلول‌پاشی *ازتوباکتر* مزیتی را در شرایط شور و غیر شور نسبت به شاهد نشان نداد.

واژه‌های کلیدی: زیست‌توده، عناصر غذایی، کارتنوئید، کودهای زیستی، کودهای نیتروژنه

مقدمه

بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica* Fisch. & C.A.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه ارومیه، ایران.
۲- استاد گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه ارومیه، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: a.pirzad@urmia.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v13i3.82396

Mey) یکی از گیاهان دارویی با ارزش اقتصـادی بالا از تیره نعناعیان (Lamiaceae) که در مناطق نیمه‌خ شک ایران مثل آذربایجان به‌طور خودرو پراکنده ا ست. بالنگو در جنوب غربی آ سیا و جنوب شرقی اروپا کشت می‌شود. این گیاه یک‌ساله به‌خوبی در مناطق خشک رشد کرده و دارای طول دوره ر شد کوتاه‌مدت تا ۱۰۰ روز ا ست (ION et al., 2011; Naghibi et al., 2010). دانه بالنگوی شـــهری دارای ۳۰ در صد روغن می‌با شند (Usher, 1974) و به صورت آجیل و در تهیه نان و حلوا ا ستفاده می شود. دانه بالنگو برای درمان اختلالات عصبی، بیماری‌های کبدی و کلیوی کاربرد دارد (Emad, 2000). برگ، روغن و دانه این گیاه به‌طور سنتی به‌عنوان داروی تقویت‌کننده، محرک، مدر و خلط‌آور استفاده می‌شود (Naghibi et al., 2010).

شـوری خاک تولید محصـول را در مناطق خشـک و نیمه‌خشـک به‌ویژه در غلظت‌های بالای نمک محدود می‌کند (Flowers et al., 2005; Glenn et al., 1994). در شرایط شوری، وجود غلظت بالای یون‌های ســدیم و کلر در خاک‌دانه‌ها، اثرات مخرب بر روی فعالیت یون‌های موردنیاز گیاه می‌گذارد. در اثر این عدم تعادل در جذب یون‌ها به گیاه خ سارات نا شی از آثار ا سمزی و سمیت بع ضی از یون‌ها وارد می‌شــود. به همین دلیل، اغلب گیاهان قادر به تحمل ســطوح پایین شــوری هســتند (Greenway et al., 1980). رابطه بین شــوری و عناصر کم‌مصرف بسیار پیچیده می‌باشد و ممکن است غلظت عناصر کم‌مصرف را در قسمت‌های هوایی گیاه کاهش و یا افزایش داده، و یا حتی اثری بر میزان آن‌ها نداشــته باشــد (Grattan et al., 1999). تنش شوری در انواع مختلف گیاهان دارویی باعث کاهش شاخص‌های رشدی شد (Tabrizi et al., 2015). در بررسی اثـر تـنش شـوری بـــــر روی گیاه مرزنجوش (*Origanum majorana*) و گونه‌های نعناع (*Mentha spicata*) ملاحظه نمودنـد که در هر دو گیاه، ارتفاع بوته و سطح برگ به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (El-Keltawi & Croteau., 1987). تحقیقـات بر روی کلزا (*Brassica napus*) نشــان داده که شــوری بیش از ۱/۵ دســی زیمنس بر متر در مرحله گل‌دهی، تعرق نســبی واقعی گیاه را کاهش نمی‌دهد، ولی با افزایش شــوری تعرق کاهش یافته و در شــوری ۲۴ دســی زیمنس بر متر به کمترین مقدار خود می‌رسد (Jalali et al., 2008). در برخی از گیاهان از جمله سورگوم تنش شوری باعث کاهش میزان فتو سنتز می شود (Nabati, 2013). نتایج حاصل از بررسی اثر تنش شـــوری بر روی بومـــــادران هزار برگ نشـان داد که این تنش‌ها موجب کـــــاهش معنی‌داری در سرعت و درصد جوانه‌زنی و ارتفاع بوته این گیاه شدند (Fetri et al., 2014).

فراهم نمودن مقدار کافی عنا صر با م صرف کودهای شیمیایی از جنبه‌های ب سیار مهم مدیریت زراعی برای افزایش تولید مح صولات و بهبود کیفیت می‌باشـد. نیتروژن از جمله عناصـری اسـت که گیاه در تمام دوره‌های رشـــد و نمو خود به آن نیاز دارد و از طریق توســـعه اندام‌های هوایی و تولید مواد کربوهیدراتی بیشـــتر از طریق افزایش فتوســـنتز، در افزایش عملکرد محصـــولات نقش مهمی را ایفا می‌کند (Saeedi, 2008). مدیریت و افزودن کودهای شیمیایی به مقدار مورد نیاز می‌تواند بر شدت تولید مح صول در شرایط شوری تأثیر بگذارد. بنابراین، افزودن کودهای شیمیایی می‌تواند مقاومت گیاه را به شوری افزایش، و یا کاهش و یا به هیچ وجه تحت تأثیر سطح دسترسی آب و تنش شوری قرار نگیرد (Kozlowski, 1972). در این راستا، نیتروژن یکی از عنا صر مهم در تولید مح صولات ک شاورزی در سرا سر دنیا به شمار می‌رود (Nikkhah et al., 2015). رابطه بالایی (۵۷ در صد) بین نیتروژن و عملکرد گزارش شده است (Hosseini et al., 2012). انواع مختلف کود نیتروژن وجود دارد که شامل کودهای آلی، شیمیایی و بیولوژیک می‌باشـــد. اوره، حاوی ۴۶ درصـــد نیتروژن، و یکی از کودهای شیمیایی می‌با شد که از آن در ک شاورزی به صورت مر سوم ا ستفاده می شود (Erdal et al., 2007). ریزوباکترهای محرک ر شد گیاه که اصـطلاحاً به آن PGPR[1] می‌گویند شـامل گروه وسـیعی از باکتری‌های مفید خاکزی می‌باشـــد که رشـــد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌ده ند. کود های بیولوژ یک را می‌توان به طرق مختلف از جم له بذرمال و محلول‌پا شی استفاده کرد. بر طبق آزمایش‌ها انجام شده، اثر کودی که از طریق محلول‌پا شی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد ن سبت به بذرمال کردن، کمتر بوده و تأثیر معنی‌داری بر روی عملکرد بیولوژیکی و دانـه نـدارد (Soughi at el., 2010). در تـحـقـیـقی بر روی اسـفرزه (*Plantago ovate*) مشـاهده شـد که اسـتفاده از کودهای بیولوژیک ســبب افزایش معنی‌دار عملکرد کمّی و مواد مؤثره در گیاه شـــد (Mona & Khalil, 2006). طی تحقیقی که بر روی بابونه (*Matricaria chamomilla*) انجام شـده، مشـاهده گردید که تیمار کودهـای زیســـتی (*Azospirillum brasilense. Azotobacter*

1- Plant growth promoting rhizobacteria

(*chroococcum. Bacillus subtilis*) نسبت به تیمارهای کود شیمیایی کامل و شاهد باعث افزایش ارتفاع بوته، اندازه و تعداد کاپیتول در بوته‌ها شد (Dehghani, 2010). استفاده از کودهای بیولوژیک حاوی *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* در مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) موجب افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه دارویی شد (Youssef et al., 2004). بنابراین، تحقیق حاضر به‌منظور بررسی و مطالعه اثر اشکال مختلف (شیمیایی و بیولوژیک) کود نیتروژن بر روی گیاه بالنگوی شهری در شرایط خاک شور انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه واقع در استان آذربایجان غربی واقع در طول جغرافیایی۴۴ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۶۳ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹۷ انجام شد. تیمارها شامل چهار سطح کود نیتروژنه (کود اوره، *ازتوباکتر کروکوکوم* به‌صورت محلول‌پاشی (غلظت یک گرم در لیتر)، *ازتوباکتر* به‌صورت بذرمال (۱۰۰ گرم در هکتار) و تیمار بدون کود به‌عنوان شاهد)، و دو بستر خاک (غیر شور ۰/۹۱ و شور ۶/۷۰ دسی زیمنس بر متر) بودند. *ازتوباکتر* به‌منظور جایگزینی کود شیمیایی اوره و جلوگیری از آلودگی بیش از حد مزارع به‌ویژه در شرایط شوری و به‌عنوان یکی از منابع بیولوژیکی نیتروژن انتخاب گردید که این باکتری در محیط‌های خشک و نیمه‌خشک هم فعالیت دارد. تیمار کود اوره در دو مرحله (۹ و ۱۱ هفته پس از کاشت) به صورت دستی و به‌مقدار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هر هکتار با توجه به نیاز گیاه و آزمایش خاک (جدول۱) داده شد (Maleki Farahani et al., 2019). کود بیولوژیک (جمعیت آن ۱۰^۹ در هر گرم و تهیه‌شده از شرکت زیست فناور سبز) در شرایط بذرمال در هنگام کاشت بذور در کرت کود در شرایط مزرعه با بذور بالنگوی شهری (تهیه شده از مؤسسه تحقیقاتی کشاورزی دیم کشور) مخلوط شده (طبق دستورالعمل، کود باکمی آب، مرطوب گردید و سپس با بذر مخلوط شدند و در بستر مورد نظر کشت شدند) و در تاریخ ۲۱ اسفندماه کشت شدند. در تیمارهای محلول‌پاشی ۱۱ هفته بعد از کاشت (باز شدن کامل سیزدهمین جفت برگ) *ازتوباکتر* با آب مخلوط شده و داخل سم‌پاش کوچک ریخته و بر روی گیاهان اسپری شد. چون گیاه در شرایط دیم کشت‌شده بود، فقط بعد از کاشت بذور یک مرحله آبیاری با آبپاش انجام گرفته و بعداً نیاز آبی گیاه با آب باران تأمین گردید. علف‌های هرز با وجین دستی مکرر انجام شد، طوری که مزرعه عاری از علف هرز بود. آبیاری بر اساس نیاز گیاه یعنی با رسیدن به ۷۰ درصد ظرفیت زراعی به ظرفیت زراعی رسانده شد.

جدول ۱- مشخصات بیوشیمیایی خاک
Table 1- Biochemical characteristics of soil

Analysis parameters پارامترهای آنالیز	شوری EC (dS.m^{-1})	کربن آلی OC (%)	ماده آلی OM (%)	کربنات کلسیم معادل CCE (%)	نیتروژن N (%)
Non-saline control خاک غیر شور	0.91	1.20	2.07	6.93	0.19
Saline soil خاک شور	6.70	1.56	2.69	9.83	0.21

به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک در ۸۰-۷۰ درصد گل‌دهی در تاریخ ۹۷/۳/۲۰ (۹۰روز پس از کاشت)، بوته‌ها از سطح ۰/۵ مترمربع برداشت شده، و قسمت‌های مختلف آن از هم جدا گردید و در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک و توزین شدند. در این تحقیق عملکرد بیولوژیکی به دو صورت عملکرد بیولوژیکی ۱ (Biomass 1) (شامل وزن کل قسمت‌های هوایی (وزن دانه، وزن برگ و وزن ساقه) و عملکرد بیولوژیکی ۲ (Biomass 2) (با احتساب وزن ریشه که مجموع وزن بخش‌های هوایی و ریشه) اندازه‌گیری شد. اجزای عملکرد (وزن گل، وزن برگ، تعداد کپسول در هر بوته، تعداد بذر در هر کپسول، وزن بذر در هر بوته) و طول و وزن ریشه و ساقه، در تعداد ۱۰ بوته از هر کرت اندازه‌گیری و به‌صورت گرم در مترمربع گزارش شد. عملکرد دانه در کل بوته‌های هر کرت (۰/۵ مترمربع) اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC) سه گرم برگ

تازه (۱۳هفته بعد از کاشت در مرحله ۸۰-۷۰ درصد گل‌دهی) برداشت شدند. در آزمایشگاه وزن تَر آن‌ها با دقت۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (برگ‌ها نباید دچار شکستگی و پارگی باشند)، سپس نمونه‌ها در آب مقطر قرار داده شـــده و به‌مدت ۲۴ ســـاعت در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. بعد از ۲۴ ساعت وزن اشباع برگ‌ها اندازه‌گیری و برگ‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت دیگر در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفته و وزن خشـــک هر کدام اندازه‌گیری شـــد. درنهایت، محتوای نسبی آب برگ از معادله زیر به‌دست آمد (Ritchie et al., 1990):

معادله (۱) $RWC= ((Fw - Dw) / (Sw - Dw) \times 100$

در این معادله، Fw، Dw و Sw: به‌ترتیب وزن تَر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری، وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون و وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر می‌باشند. جهت اندازه‌گیری مســاحت و محیط برگ از هر کرت برگ‌های پنج بوته مناســب از هر کرت اندازه‌گیری و به‌صــورت گرم در مترمربع گزارش شــد و توســط نرم‌افزار Digimizer این صفات محاسبه شد.

برای محاسبه شاخص‌های رشد از معادله‌های ذیل استفاده گردید (Sarmadian & Koocheki, 2013):

معادله (۲) $LAI=\frac{LA}{GA}$

معادله (۳) $LAR=\frac{RGR}{NAR}\ (cm^2.g^{-1})$

معادله (۴) $SLA=\frac{LA}{LDW}(cm^2.g^{-1})$

معادله (۵) $LWR=\frac{LAR}{SLA}$

معادله (۶) $CGR=\frac{W2-W1}{T2-T1}\ (g.m^{-2}.day^{-1})$

که این معادله‌ها، LAI: شاخص سطح برگ، LAR: نسبت سطح برگ، SLA: ســـطح ویژه برگ، LWR: نســـبت وزن برگ، CGR: سرعت رشد محصول، RGR: سرعت رشد نسبی، NAR: سرعت جذب خالص، LA: سطح برگ و GA: سطح زمین زیر برگ می‌باشند.

برای اندازه‌گیری عناصر سدیم، پتاسیم و فسفر ابتدا پنج بوته از هر کرت را در مرحله رســـیدگی کامل بوته (۱۶ هفته بعد از کاشـــت) به‌طور تصـــادفی برداشـــت و به‌مدت ۴۸ ســـاعت در آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. یک گرم از ریشه‌ها و یک گرم از ساقه‌ها به‌طور جداگانه آســـیاب و الک شـــده و در کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت چهار ساعت قرار داده شدند. نمونه‌ها پس از هضم به‌روش سوزاندن خشک (سوزاندن با HCl) با آب مقطر به‌حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسـانده شـدند و سـپس با اسـتفاده از دسـتگاه فلیم فتومتر (Model Jenway PFP7, UK) به‌روش نشر شعله‌ای غلظت سدیم و پتاسیم در ریشه و برگ به‌دست آمدند. برای اندازه‌گیری فسفر ابتدا پنج میلی‌لیتر از محلول تهیه‌شـده حاصـل از هضـم برداشـته و با پنج میلی‌لیتر محلول زرد (آمونیوم هپتـا مولیبـدات + آمونیوم وانـادات) مخلوط گردید، و سپس با آب مقطر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسیده شد و پس از ۳۰ دقیقه نمونه‌ها از کاغذ صافی عبور داده‌شده و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل PD-303 ، ساخت کمپانی اپل ژاپن) در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر ابتدا اســـتانداردها و بعد نمونه‌های اصـــلی قرائت شـــد (Tenninghoff & Houba, 2004).

برای اندازه‌گیری گلایسین بتائین، ۰/۵ گرم از برگ‌های خشک و آسیاب شده گیاه با ۲۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر مخلوط شد. محصول حاصـــل پس از تکان دادن به‌مدت ۴۸ ســـاعت در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. در مرحله بعد نمونه‌ها را از کاغذ صافی عبور داده شـــدند. ســـپس ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول رقیق شـــده با اســـید سـولفوریک دو نرمال در لوله‌های آزمایش به‌مدت یک سـاعت در آب یخ قرار داده شـدند و ۰/۲ میلی‌لیتر معرف یدید- یدین پتاســیم خنک اضافه شد. محلول به‌مدت ۱۶ ساعت در چهار درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و در ۱۰۰۰۰ دور برای ۱۵ دقیقه و در دمای صـــفر درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ شدند. فاز بالایی محلول با میکروپیپت جدا شده و مقدار نه میلی‌لیتر، ۱-۲- دی کلرواتان به آن اضافه شده و پس از یک دقیقه مخلوط شـدن و دو سـاعت بعد در طول موج ۳۶۵ توسـط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (Grieve & Grattan, 1983).

برای اندازه‌گیری تنظیم‌کننده‌های اســـمزی (پرولین و قندهای محلول) ابتدا از ۰/۵ گرم بافت تَر برگی عصاره الکلی تهیه شد. سپس میزان پرولین با کمک معرف نین هیدرین و اسید استیک گلاسیال و نهایتاً، میزان جذب محلول‌های استاندارد و نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل PD-303s، ساخت اپل ژاپن) اندازه‌گیری شد (Bates et al., 1973). برای قندهای محلول نیز با استفاده از آنترون و اسید سولفوریک ۷۲ ٪، نمونه‌ها تهیه و جذب آن‌ها در طول‌موج ۹۲۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری گردید (Irigoyen et al., 1992).

برای اندازه‌گیری کلروفیل *a* و *b* و کارتنوئیدها از روش لیچتنتالر اســـتفاده شـــد. بدین ترتیب که ۰/۳گرم برگ تَر گیاه وزن و ســـپس به‌تدریج با استون ۸۰ درصد سائیده شد. عمل استخراج تا حصول یک محلول بی‌رنگ ادامه و درنهایت، حجم محلول با اســـتون به ۲۵

میلی‌لیتر رسید. پس از سانتریفیوژ در ۴۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه، جذب نوری در طول‌موج های ۶۴۶/۸، ۶۶۳/۲ و ۴۷۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (Lichtenthaler & Buschmann, 2001). غلظت کلروفیل با استفاده از معادله‌های زیر به‌دست آمدند:

معادله (۷)

$$\text{Chlorophyll } a \text{ (mg.g}^{-1}) = (19.3\times A663.2 - 0.86\times A646.8)\ V/100W$$

معادله (۸)

$$\text{Chlorophyll } b \text{ (mg.g}^{-1}) = (19.3\times A646.8 - 3.6\times A663.2)\ V/100W$$

معادله (۹)

$$\text{Carotenoids} = 100(A470) - 3.27(\text{Chlorophyll } a \text{ mg.g}^{-1}) - 104(\text{Chlorophyll } b \text{ mg.g}^{-1})/227$$

که در آن، V: حجم محلول صاف شده، A: جذب نور در طول‌موج های ۶۶۳/۲، ۶۴۶/۸ و ۴۷۰ نانومتر و W: وزن تَر نمونه برحسب گرم می‌باشد. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.1 و میانگین‌ها توسط نرم‌افزار MSTAT-C و با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ در صد مورد مقایسه قرار گرفتند. بارهای عمودی در هر ستون در نمودارها معرف SE ± می باشد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شوری تأثیر معنی‌داری بر روی طول ساقه، وزن برگ، وزن گل، مساحت برگ، محتوای آب نسبی برگ، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول (در شرایطی که زیست‌توده فقط شامل وزن بخش هوایی باشد، CGR1، و اینکه زیست‌توده مجموع وزن بخش هوایی و ریشه باشد، CGR2) عملکرد بیولوژیکی (بدون احتساب وزن ریشه Biomass 1 و با احتساب وزن ریشه Biomass 2)، پتاسیم بخش هوایی، سدیم بخش هوایی، سدیم ریشه، فسفر ریشه، نسبت پتاسیم به سدیم در بخش هوایی و ریشه، نسبت پتاسیم بخش هوایی به ریشه، پرولین، کلروفیل *a* و *b* و کلروفیل کل داشت (جدول۱). همچنین تیمارهای کود نیتروژنه (شاهد، اوره، محلول‌پاشی *ازتوباکتر*، بذرمال *ازتوباکتر*) بر روی طول ساقه، وزن برگ، وزن ساقه، وزن گل، وزن ریشه محتوای آب نسبی برگ، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول (در شرایطی که زیست‌توده فقط شامل وزن بخش هوایی با شد، و اینکه زیست‌توده مجموع وزن بخش هوایی و ریشه با شد) عملکرد بیولوژیکی (بدون احتساب وزن ریشه و با احتساب وزن ریشه)، عملکرد دانه، پتاسیم ریشه، سدیم بخش هوایی، فسفر بخش هوایی و ریشه، پرولین، کلروفیل *a* و *b* و کل، کارتنوئید تأثیر معنی‌داری نشان داد (جدول‌های ۲ و ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده بالنگو شهری تحت تأثیر شوری و منابع مختلف کود نیتروژن

Table2- Analysis of variance (mean of squares) of the measured traits of *Lallemantia iniberica* affected by soil salinity and different nitrogen resources

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	طول ساقه Stem length	وزن برگ Leaf weight	وزن ساقه Stem weight	وزن گل Flower weight	وزن ریشه Root weight	عملکرد دانه Seed yield	مساحت برگ Leaf area
بلوک Block	2	48.01^{ns}	766.68^{ns}	175.60^{ns}	0.16^{ns}	236.58^{ns}	0.09^{ns}	12.15^{ns}
شوری Salinity	1	7700.58**	8238.66**	1377.40^{ns}	7.64**	145.29^{ns}	1.05^{ns}	132.22**
تیمارها Treatments	3	3075.71**	7063.45**	9907.26**	7.87**	1232.70*	27.61**	9.56^{ns}
شوری × تیمارها Salinity×Treatments	3	914.09*	280.26^{ns}	1047.07^{ns}	2.78*	174.98^{ns}	25.23**	8.77^{ns}
خطا Error	14	181.81	294.88	915.31	0.52	223.68	2.14	3.64
ضریب تغییرات CV	%	7.95	14.39	21.01	25.54	24.80	22.86	18.10

ns، *، **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns are non-significant, * and **: significant at the 5 and 1% probability level.

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده بالنگو شهری تحت تأثیر شوری و منابع مختلف کود نیتروژن

Table2 (Cont.)- Analysis of variance (mean of squares) of the measured traits of *Lallemantia iniberica* affected by soil salinity and different nitrogen resources

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	محیط برگ Leaf perimeter	محتوای نسبی آب برگ RWC	شاخص سطح برگ LAI	سطح ویژه برگ SLA	نسبت سطح برگ LAR	نسبت وزن برگ LWR
بلوک Block	2	24.07*	0.5^{ns}	0.84**	1940741.28^{ns}	36234.49^{ns}	5.72^{ns}
شوری Salinity (dS/m)	1	8.82^{ns}	370.00**	1.55**	282868.24^{ns}	2689.05^{ns}	4.00^{ns}
تیمارها Treatments	3	17.30^{ns}	180.00**	0.38^{ns}	4608485.18**	118009.44**	119.91**
شوری × تیمارها Salinity×Treatments	3	0.48^{ns}	29.00^{ns}	0.25^{ns}	580020.48^{ns}	48834.21^{ns}	18.99^{ns}
خطا Erorr	14	5.49	10.00	0.19	588845.73	19100.76	11.45
ضریب تغییرات Cv.	%	8.98	4.86	22.81	24.67	26.47	19.49

ns، *، **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns are non-significant, * and **: significant at the 5 and 1% probability level.

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده بالنگو شهری تحت تأثیر شوری و منابع مختلف کود نیتروژن

Table 2 (Cont.)- Analysis of variance (mean of squares) of the measured traits of *Lallemantia iniberica* affected by soil salinity and different nitrogen resources

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	سرعت رشد محصول ۱و۲ CGR 1	CGR 2	عملکرد بیولوژیکی ۱و۲ Biomass 1	Biomass 2	پتاسیم بخش هوایی K shoot	پتاسیم ریشه K root	سدیم بخش هوایی Na shoot	سدیم ریشه Na root
بلوک Block	2	0.13^{ns}	0. 31^{ns}	15.10^{ns}	34.11^{ns}	2.20^{ns}	91.00^{ns}	0.01^{ns}	0.02^{ns}
شوری Salinity	1	2.69**	5.23**	296.95*	577.36*	16.91**	0.06^{ns}	3.09**	3.17**
تیمارها Treatments	3	4.01**	10.42**	442.43**	1149.71**	3.98*	285.46**	0.25**	0.17^{ns}
شوری×تیمارها Salinity×Treatments	3	1.51**	4.55**	166.56*	501.93*	0.48^{ns}	103.86*	0.07^{ns}	0.06^{ns}
خطا Erorr	14	0.39	1.04	43.27	115.32	1.24	28.44	0.03	0.05
ضریب تغییرات CV	%	16.74	17.68	16.73	17.68	27.81	15.16	14.75	18.67

ns، *، **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد. سرعت رشد محصول (در شرایطی که زیست‌توده فقط شامل وزن بخش هوایی باشد، CGR 1 و اینکه زیست‌توده مجموع وزن بخش هوایی و ریشه باشد، CGR 2). عملکرد بیولوژیکی (بدون احتساب وزن ریشه Biomass 1 و با احتساب وزن ریشه Biomass 2).

ns are non-significant, * and **: significant at the 5 and 1% probability level. Crop growth rate (if the biomass contains only the weight of the aerial part, CGR1, and if the biomass is the total weight of the aerial part and the root, CGR 2), Biological yield (if the biomass contains only the weight of the aerial part, Biomass 1, and if the biomass is the total weight of the aerial part and the root, Biomass 2).

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده بالنگو شهری تحت تأثیر شوری و منابع مختلف کود نیتروژن

Table2 (Cont.)- Analysis of variance (mean of squares) of the measured traits of *Lallemantia iniberica* affected by soil salinity and different nitrogen resources

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	فسفر ریشه P root	فسفر بخش هوایی P shoot	کلروفیل a *a* Chlorophyll	کلروفیل b Chlorophyll *b*	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کارتنوئید Carotenoid
بلوک Block	2	0.09ns	0.63ns	0.26ns	0.05ns	0.23ns	0.55ns
شوری Salinity	1	0.23ns	42.09**	4.97**	1.29**	1.51**	1.08ns
تیمارها Treatments	3	2.01**	38.16**	1.79**	2.23**	2.16**	7.71**
شوری×تیمارها Salinity×Treatments	3	0.36ns	14. 63**	2.29**	1.25**	1.57**	4.24**
خطا Erorr	14	0.11	0.70	0.12	0.10	0.14	0.49
ضریب تغییرات CV.	%	22.24	21.37	10.25	36.46	7.94	20.84

ns، *، **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns are non-significant, * and **: significant at the 5 and 1% probability level.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده بالنگوی شهری تحت تأثیر شوری و منابع مختلف کود نیتروژن

Table3-Means comparison of measured traits of *Lallemantia iniberica* affected by salinity and various sources of nitrogen fertilizer

تیمار Treatment	وزن برگ Leaf weight (g/m^2)	وزن ساقه Stem weight (g/m^2)	وزن ریشه Root weight (g/m^2)	مساحت برگ Leaf area (cm^2)	محیط برگ Leaf perimeter (cm)	محتوای نسبی آب برگ RWC (%)	شاخص سطح برگ LAI	سطح ویژه برگ SLA
شوری Salinity								
0.91dS/m	100.80	151.59	57.86	8.27	25.48	63	1.65	3001.6
6.70 dS/m	137.86	136.44	62.79	12.80	26.70	70	2.16	3218.7
$LSD_{5\%}$	15.03	26.49	13.09	1.67	2.05	2.85	0.38	671.91
منابع نیتروژن Nitrogen resources								
شاهد Control	138.34	156.62	73.03	8.92	24.34	69	1.87	2783.3
اوره Urea	157.80	196.03	71.89	10.33	25.61	60	2.27	2452.8
محلول‌پاشی *ازتوباکتر* *Azotobacter* as foliar	94.97	112.55	51.83	10.95	26.02	64	1.69	2802.2
بذرمال *ازتوباکتر* Seed *Azotobacter* as seed	86.21	110.85	44.54	11.93	28.40	73	1.80	4402.6
$LSD_{5\%}$	21.26	37.46	18.52	2.36	2.90	4	0.54	950.22

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده بالنگوی شهری تحت تأثیر شوری و منابع مختلف کود نیتروژن

Table 3 (Cont.) -Means comparison of measured traits of *Lallemantia iniberica* affected by salinity and various sources of nitrogen fertilizer

تیمار Treatment	نسبت سطح برگ LAR	نسبت وزن برگ LWR	پتاسیم بخش هوایی K shoot	سدیم بخش هوایی Na shoot	سدیم ریشه Na root	فسفر ریشه P root
			mg.g^{-1}. DryW			
شوری Salinity (dS.m^{-1})						
0.91	511.58	0.17	0.48	0.91	0.89	1.64
6.70	532.75	0.16	0.31	1.63	1.62	1.44
$LSD_{5\%}$	121.01	0.03	0.09	0.16	0.20	0.30
منابع نیتروژن Nitrogen resources						
شاهد Control	392.96	0.14	0.35	0.98	1.10	1.43
اوره Urea	590.58	0.24	0.52	1.45	1.49	2.30
محلول‌پاشی *ازتوباکتر* *Azotobacter* as foliar	418.80	0.15	0.36	1.31	1.17	0.89
بذرمال *ازتوباکتر* Seed *Azotobacter* as seed	686.32	0.15	0.35	1.35	1.27	1.55
$LSD_{5\%}$	171.14	0.04	0.14	0.23	0.29	0.42

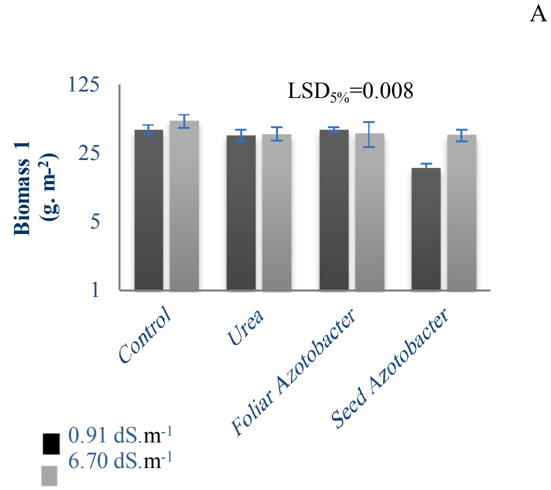
شوری بر عملکرد دانه، وزن ساقه، وزن ریشه، محیط برگ، سطح ویژه برگ، نسبت سطح برگ، نسبت وزن برگ تأثیر معنی‌داری نداشت (Safari Mohammadieh et al., 2015) بتائین گلایسین، قندهای محلول و کارتنوئید تفاوت معنی‌داری با شرایط غیر شور نداشتند. کاهش رشد و عملکرد بستگی به غلظت شوری دارد (Zuccarini, 2008). همچنین مساحت و محیط برگ، شاخص سطح برگ، بتائین گلایسین و قندهای محلول در گیاهانی که کود نیتروژنه (اوره، بذرمال و محلول پاشی کود بیولوژیک) دریافت کرده بودند، تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان ندادند (جدول‌های ۲ و ۳). مدیریت و افزودن کودهای شیمیایی به‌مقدار موردنیاز می‌تواند بر تولید محصول در شرایط شوری تأثیر بگذارد. بنابراین، افزودن کودهای شیمیایی می‌تواند مقاومت گیاه را به شوری افزایش، و یا کاهش و یا تحت تأثیر سطح دسترسی آب و تنش شوری قرار نگیرد (Kozlowski, 1972).

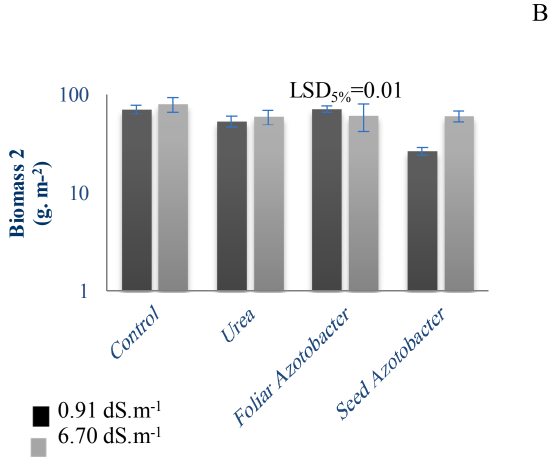
رشد گیاه، فرایند پویایی در دوره زندگی گیاه می‌باشد که تابع عوامل متعددی از قبیل قابلیت دسترسی به عناصر غذایی، عوامل رشد و شرایط محیطی به‌ویژه نور، دما، رطوبت و تهویه می‌باشد. با توجه به جداول بالا، کود اوره باعث افزایش میزان فسفر در بخش‌های هوایی و ریشه بالنگو شده، بر اساس تحقیقات انجام شده، این همبستگی مثبت بین جذب عناصر غذایی (فسفر و نیتروژن) را ناشی از تحریک رشد رویشی ریشه و درنتیجه آن افزایش توانایی گیاه زعفران *Crocus sativus* در جذب فسفر از خاک دانستند (Koocheki & Seyyedi, 2015). میزان پتاسیم در بخش هوایی و ریشه گیاه نیز در اثر استفاده از کود اوره افزایش یافت که در این نیز مشابه جذب فسفر، افزایش جذب پتاسیم درنتیجه کاربرد کود اوره باعث تحریک رشد رویشی گیاه در بخش هوایی و زیرزمینی و درنتیجه، افزایش توانایی گیاه در جذب پتاسیم از خاک شود. ازاین‌رو، می‌توان گفت بین جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم رابطه مثبت و مستقیمی وجود دارد، درنتیجه افزایش توانایی در جذب هر عنصر می‌تواند سبب افزایش توانایی گیاه در جذب دیگر عنصر شود (Sadighi et al., 2017). میزان جذب پتاسیم با افزایش میزان شوری کاهش یافت، کاهش جذب پتاسیم در نتیجه افزایش سدیم حاصل از شوری فرایندی رقابتی می‌باشد. مقدار زیاد سدیم موجود در شرایط شوری محیط ریشه در جذب پتاسیم مداخله می‌کند که این در تحقیقات دیگری نیز بر روی گیاه بالنگو مشاهده شد (,.Azad et al

2017; Roa et al., 1969). به غیر از میزان سدیم، شوری باعث کاهش مقدار پتاسیم و فسفر در گیاه می شود که نتایج تحقیقات دیگر نیز نشان داد که مقدار سدیم با افزایش شوری در علف شور *(Atriplex nummularia)* افزایش یافت، درحالی که پتاسیم کاهش یافت (De Araújo et al., 2006). کودهای نیتروژنه باعث افزایش مقدار سدیم در گیاه نسبت به تیمار شاهد بالنگوی شهری، شد.

عملکرد بیولوژیکی

بیشترین عملکرد بیولوژیکی (۸۰/۵۱ گرم بر مترمربع با احتساب ریشه Biomass2 و۵۳/۴۴ گرم بر مترمربع بدون احتساب ریشه Biomass1) مربوط به گیاهان رشد کرده در خاک شور بدون کود بود. عملکرد بیولوژیکی در تیمارهای کود اوره و محلول‌پاشی *ازتوباکتر* در تنش شوری تفاوت معنی‌داری با شرایط غیر شور نداشتند. این روند در گیاهان بدون تیمار برای خاک‌های شور و غیر شور یکسان بود. تیمار بذرمال *ازتوباکتر* کمترین عملکرد بیولوژیکی (۱۷/۷۱ گرم بر مترمربع بدون احتساب ریشه و ۲۶/۶۵ گرم بر مترمربع با احتساب ریشه) برای شرایط غیر شور و (۳۸/۱۰ گرم بر مترمربع بدون احتساب ریشه و ۶۰/۶۳ گرم بر مترمربع با احتساب ریشه) برای خاک شور را تولید کردند. در حالت کلی، عملکرد بیولوژیکی (در هر دو حالت بدون ریشه، و با احتساب ریشه) در تیمارهای کودی نیتروژنه (غیر از کاهش معنی‌دار در تیمار بذرمال در شرایط غیر شور) با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۱). بر طبق آزمایشات انجام شده اثر کودی که از طریق محلول‌پاشی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد نسبت به بذرمال کردن، کمتر بوده و تأثیر معنی‌داری بر روی عملکرد بیولوژیکی و دانه ندارد (Soughi et al., 2010). افزایش کود نیتروژنه باعث افزایش وزن خشک کل گیاه می شود. *ازتوباکتر* در درجه اول از طریق تثبیت نیتروژن و در درجه دوم نقشی که در تولید هورمون‌های گیاهی دارد، می‌تواند باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی شود (Sharief et al., 1997). در تحقیق حاضر، استفاده از *ازتوباکتر* در شرایط شوری به‌صورت بذرمال باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی در دو حالت با احتساب ریشه و بدون احتساب ریشه شد (شکل ۱).





شکل ۱- مقایسه میانگین‌های عملکرد بیولوژیکی۱ بدون احتساب ریشه (A) و عملکرد بیولوژیکی۲ با احتساب ریشه (B) بالنگوی شهری تحت تأثیر شوری و منابع مختلف کود نیتروژن

Fig. 1- Means comparison of Biomass 1 (A) and Biomass 2 (B) of *Lallemantia iniberica* affected by “Salinity×Salinity moderators”

عملکرد دانه

بیشترین عملکرد دانه (۲۲/۷۱ گرم بر مترمربع) مربوط به گیاهان رشد کرده در محلول‌پاشی *ازتوباکتر* در شرایط غیر شوری بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار بدون کود نشان نداد. بذرمال *ازتوباکتر* در محیط غیر شور عملکرد دانه (۵/۱۳ گرم بر مترمربع) بیشترین کاهش را از خود نشان دادند. در هر دو شرایط شوری، نیتروژن با منشأ اوره کمترین عملکرد دانه را تولید کرد. به نظر می‌رسد روش بذرمال در شرایط شور، به‌دلیل دسترسی بهتر باکتری در منطقه گسترش ریشه تیمار مناسب با عملکرد بالا بوده است. هر چند در شرایط غیر تنش محلول‌پاشی از نظر عملکرد دانه بالاتر از سایر تیمارها بود (شکل۲ – A). در تحقیقی بر روی گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) مشاهده گردید که شوری خاک و آب از طریق کاهش میزان رشد رویشی و زایشی گیاه باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد دانه گردید (Mehmet & Ahmet, 2003). افزایش سطوح فتوسنتزی گیاه در اثر مصرف نیتروژن در مراحل حساس رشدی از عوامل مؤثر بر افزایش عملکرد به‌شمار می‌آید (Rabiee et al., 2013). افزایش اعمال کود شیمیایی اوره منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و بیولوژیک در گل ختمی در مقایسه با عدم کاربرد آن شد (Sadighi et al., 2014). در تحقیق دیگری بر روی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) نیز مشاهده شد که اعمال سطوح مختلف نیتروژن تأثیری معنی‌دار در افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک سیاهدانه داشت (Mollafilabi et al., 2010).

طول ساقه

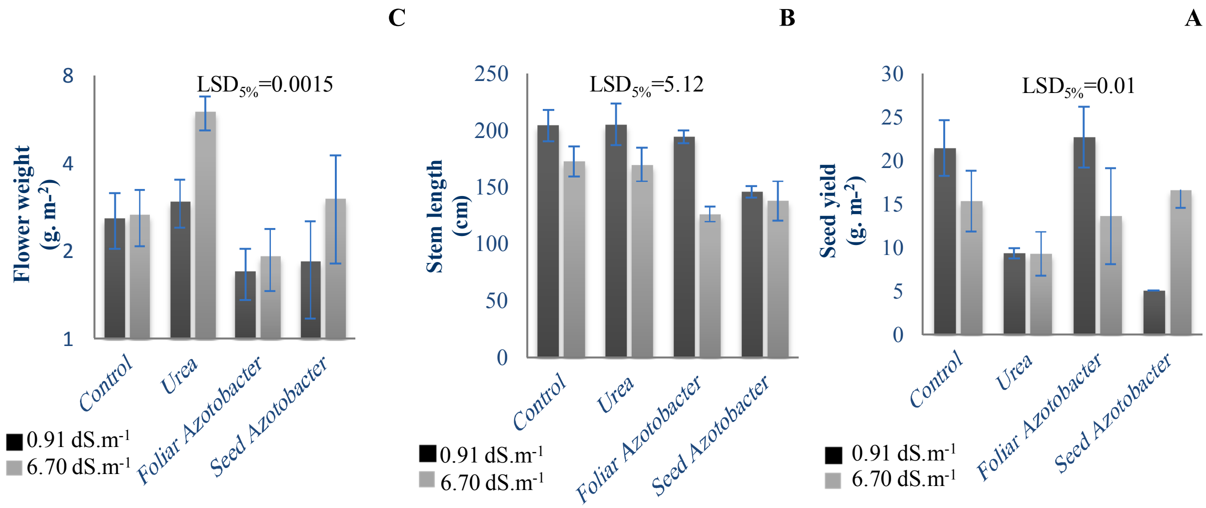
بیشترین طول ساقه (۲۰/۵۴ سانتی‌متر) مربوط به گیاهان در شرایط غیر شور با مصرف کود اوره بود که با طول ساقه در تیمارهای محلول‌پاشی *ازتوباکتر* و شاهد تفاوت معنی‌دار نداشت. با وجود مشاهده طول ساقه یکسان در *ازتوباکتر* بذرمال برای شرایط شور و غیر شور، طول ساقه مربوط سایر سطوح کودی در تنش شوری نسبت به شرایط غیر تنش کاهش یافت. کاهش طول ساقه در خاک شور با اعمال محلول‌پاشی *ازتوباکتر* (۱۲/۶۳ سانتی‌متر) نسبت به بقیه تیمارها بیشتر بود (شکل ۲–B). ارتفاع گیاه یکی از خصوصیات مورفولوژیکی است که شدیداً تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد. در گیاهان تحت تنش شوری، عدم تورژسانس مناسب سلول‌ها و تخصیص بیشتر مواد حاصل از سنتز جهت مقابله با تنش، کوتاه شدن دوره رشد گیاه و همچنین مکانیزم‌های فرار از تنش همگی می‌توانند مانع توسعه عادی سلول‌ها و درنتیجه، کاهش طول ساقه شوند. صرف‌نظر از شوری نیتروژن باعث افزایش رشد گیاه می‌شود که بر اساس تحقیقات انجام شده نیتروژن کافی در گیاه سبب افزایش رشد گیاه شده که حاصل آن افزایش رشد و تکثیر سلول‌های گیاهی در اندامی مانند ساقه است، همچنین افزایش فاصله میان‌گره باعث افزایش طول ساقه می‌شود (Taiz & Zeiger, 2010).

وزن گل

بیشترین وزن گل (۵/۹۹ گرم بر مترمربع) مربوط به گیاهان در شرایط شوری با تیمار کود اوره بود. درحالی‌که وزن گل در تیمار محلول‌پاشی *ازتوباکتر* و بدون تیمار در هر دو سطح شوری تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند. تیمار محلول‌پاشی *ازتوباکتر* در خاک غیر شور کمترین وزن گل (۱/۷۰ گرم بر مترمربع) را داشت که تفاوت معنی‌داری با شاهد، کود اوره و بذرمال نشان نداد (شکل ۲-C). در تحقیقی دیگر بر روی بابونه شیرازی نیز مشاهده شد که شوری باعث کاهش وزن خشک گل شد (Nouri, 2013). نتایج مختلف مطالعات نشان داد که عنصر غذایی نیتروژن بر روی رشد رویشی گیاه مؤثر هست و کمتر مطالعاتی اثر معنی‌داری بر روی خصوصیات زایشی گیاه مانند تعداد و وزن گل داشت، ولی افزایش زیاد مقدار نیتروژن در مواردی باعث افزایش وزن گل می‌شود (Gani Dehkordi et al., 2012).

سرعت رشد محصول

سرعت رشد محصول که ۷۲ روز پس از کاشت محاسبه شد، بدین‌صورت بود که کمترین سرعت رشد محصول (۰/۲۵ گرم بر مترمربع در روز با احتساب ریشه و ۰/۱۷ گرم بر مترمربع در روز بدون احتساب ریشه) مربوط به گیاهان رشد کرده در خاک غیر شور و تیمار بذرمال *ازتوباکتر* می‌باشد. سرعت رشد محصول بالنگوی شهری (بدون احتساب ریشه و با ریشه) در تیمارهای کود اوره و محلول‌پاشی *ازتوباکتر* مانند شاهد در تنش شوری تفاوت معنی‌داری با خاک غیر شور نداشتند.



شکل ۲- مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه (A)، طول ساقه (B) و وزن گل (C) بالنگوی شهری تحت تأثیر شوری و منابع مختلف کود نیتروژن

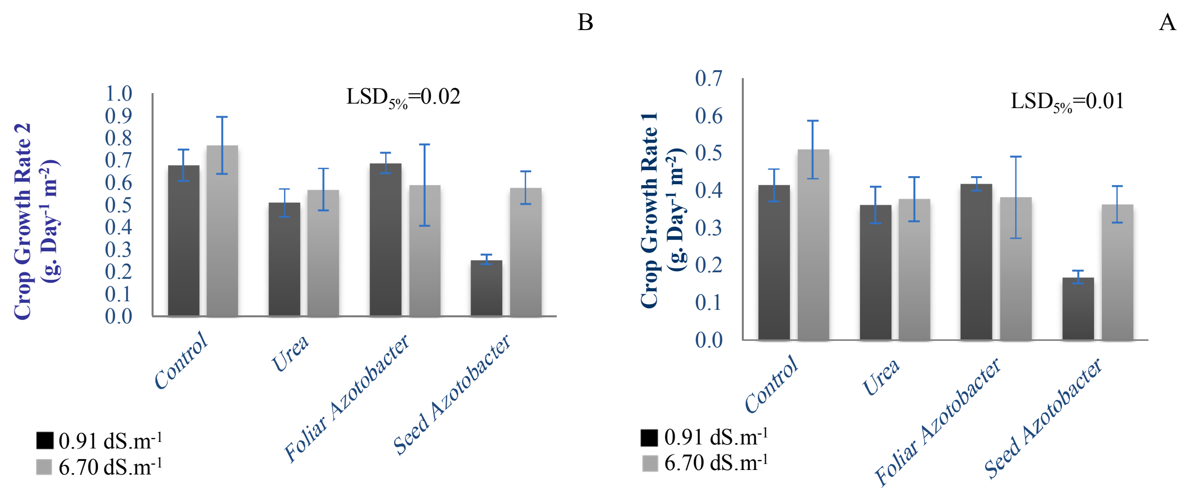
Fig. 2- Means comparison of seed yield (A), stem length (B) and flower weight (C) of *Lallemantia iniberica* affected by "Salinity×Salinity moderators"

بیشترین سرعت رشد محصول (۷۷/ گرم بر مترمربع در روز با احتساب ریشه و ۰/۵۱ گرم بر مترمربع در روز بدون احتساب ریشه) مربوط به گیاهان بالنگوی رشد یافته در خاک شور و بدون اضافه کردن کود بود (شکل‌های۳ -A و ۳-B). تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) به‌دلیل افزایش دسترسی و بهبود جذب عناصر غذایی توسط گیاه باعث افزایش شاخص‌های رشد گیاه می‌گردد (Hokmalipour & Seyedsharifi, 2015; Wu et al., 2005). به عبارت دیگر، تولید هورمون‌های محرک رشد به‌خصوص اکسین توسط باکتری‌ها از طریق تحریک رشد ریشه باعث افزایش در واحد سطح شده است. سرعت رشد محصول برای کلیه تیمارها در شرایط شور و غیر شور (غیر از تیمار بذرمال *ازتوباکتر*) برابر بود که دلیل این امر می‌تواند توانایی بالای گیاه در حفظ بافت فتوسنتزکننده باشد که توانسته با مقاومتی که در برابر شوری از خود نشان می‌دهد از کاهش سرعت رشد محصول جلوگیری کند (Rahimi & Kafi, 2010).

پتاسیم ریشه و فسفر بخش هوایی

پتاسیم ریشه در تیمارهای کود اوره، محلول‌پاشی و بذرمال *ازتوباکتر* در خاک شور تفاوت معنی‌داری با شرایط غیر شور نداشت. این روند برای گیاهان شاهد هم در هر دو سطح شوری یکسان بود. بیشترین مقدار پتاسیم ریشه (۵۱۰/ ۱میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) را گیاهان در شرایط غیر شور با کود اوره، و کمترین مقدار (۰/۷۶۹میلی‌گرم بر گرم در وزن خشک) را محلول‌پاشی *ازتوباکتر* در شرایط شوری پتاسیم را دارا بودند (شکل ۴-A). در آزمایشی بر روی گیاه مرزه *(Satureja hortensis)* مشاهده گردید که به‌دلیل تشابه عنصری سدیم و پتاسیم و همچنین دسترسی بالای عنصر سدیم در محیط ریشه در رقابت با پتاسیم، میزان جذب سدیم بر پتاسیم پیشی گرفته و کارکرد پتاسیم در گیاه را با مشکل مواجه می‌کند (Vojodi Mehrabani et al., 2017).

بیشترین مقدار فسفر بخش هوایی در گیاه بالنگوی شهری (۱/۰۶ میلی‌گرم بر گرم در وزن خشک) در خاک غیر شور با کاربرد کود اوره مشاهده شد. تنش شوری باعث کاهش مقدار فسفر در تیمارهای اوره، و محلول‌پاشی و بذرمال *ازتوباکتر* شد. بیشترین کاهش (۰/۰۶ میلی‌گرم بر گرم در وزن خشک) مربوط به تیمار محلول‌پاشی *ازتوباکتر* بود. در گیاهان بدون تیمار (شاهد) برخلاف تیمارهای کودی، مقدار فسفر بخش هوایی در تنش شوری نسبت به غیر تنش افزایش یافت (شکل ۴-B).



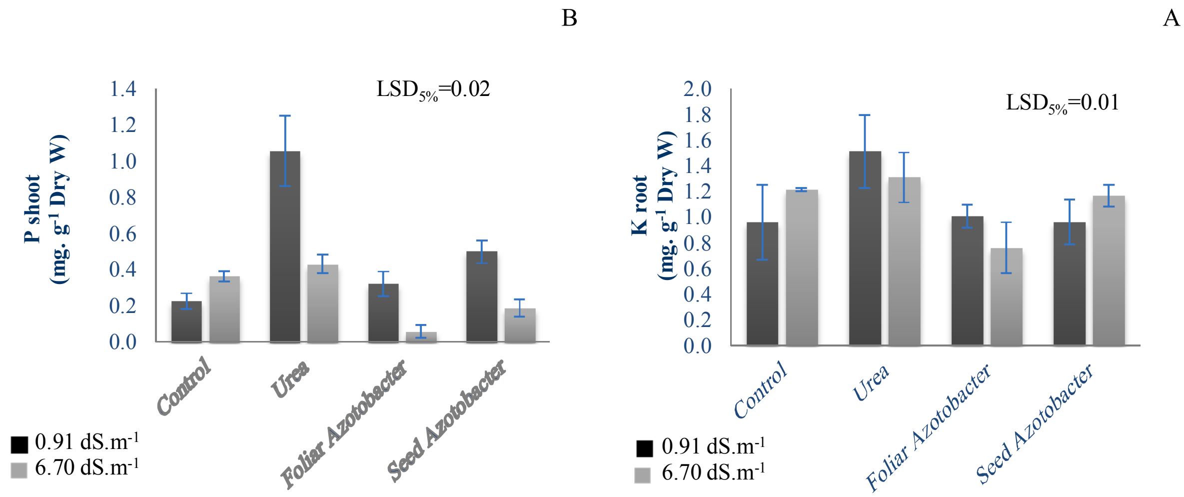
شکل ۳- مقایسه میانگین‌های سرعت رشد محصول - بدون احتساب ریشه (A) و -با احتساب ریشه (B) بالنگوی شهری تحت تأثیر شوری و منابع مختلف کود نیتروژن

Fig. 3- Means comparison of crop growth rate – with root (A) and -without root (B) of *Lallemantia iniberica* affected by "Salinity×Salinity moderators"

افزایش میزان فسفر اندام هوایی درنتیجه کاربرد کود اوره می‌تواند ناشی از همبستگی مثبت بین جذب عناصر غذایی (فسفر و نیتروژن) باشد، به‌طوری که افزایش در فراهمی جذب نیتروژن می‌تواند به افزایش جذب فسفر توسط گیاه منجر شود. پس تحریک رشد گیاه درنتیجه مصرف نیتروژن می‌تواند از طریق افزایش توانایی گیاه در جذب عنصر فسفر، باعث افزایش میزان فسفر در گیاه گردد (Sadighi et al., 2017).

پرولین، کلروفیل و کارتنوئید

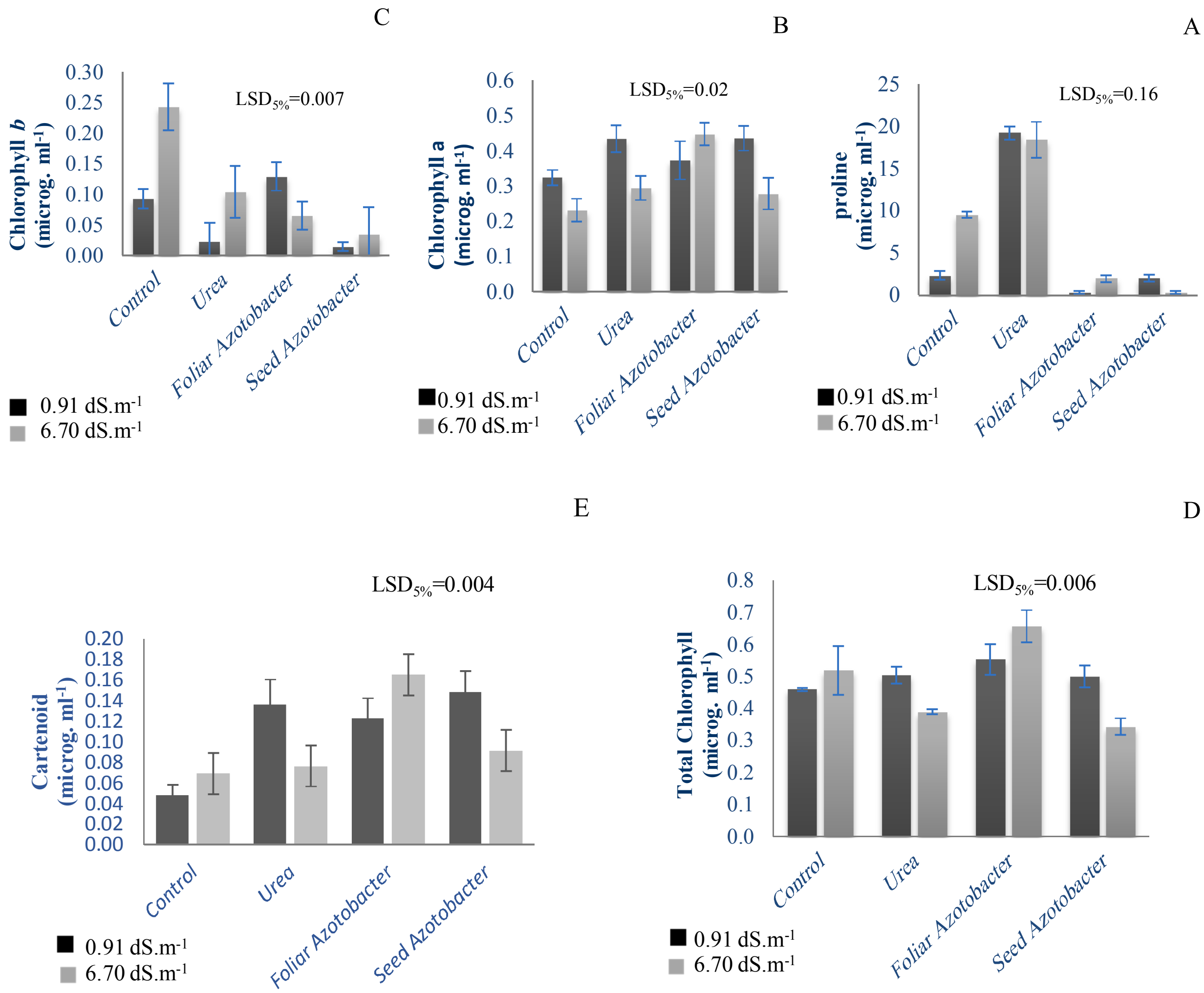
بیشترین غلظت پرولین برگی در هر دو خاک شور و غیر شور به‌ترتیب با ۱۹/۲۱ و ۱۸/۳۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تَر مربوط به کاربرد کود اوره بود. کمترین میزان پرولین برگی در خاک غیر شور از محلول‌پاشی *ازتوباکتر*، و در خاک شور از تیمار بذرمال *ازتوباکتر* به دست آمدند. در تیمار شاهد، مانند محلول‌پاشی *ازتوباکتر*، تنش شوری باعث افزایش میزان پرولین نسبت به شرایط غیر تنش شد. درحالی‌که گیاهان دریافت‌کننده اوره پرولین یکسانی در شرایط شور و غیر شور داشتند. درحالی که برعکس، بذرمال *ازتوباکتر* باعث کاهش پرولین برگ در شرایط شور شد (شکل ۵- A). بیشترین غلظت کلروفیل a (۰/۴۴ و ۰/۴۳ میکروگرم بر میلی‌لیتر) به‌ترتیب مربوط به گیاهان محلول‌پاشی شده در شرایط تنش شوری و بذرمال *ازتوباکتر* در خاک غیر شور بود. به غیر از محلول‌پاشی *ازتوباکتر*، تنش شوری باعث کاهش مقدار کلروفیل a در کلیه تیمارهای کودی و شاهد شد که از این میان بیشترین کاهش را خاک شور بدون تیمار (۰/۲۳ میکروگرم بر میلی‌لیتر) نشان داد (شکل ۵-B). بیشترین مقدار کلروفیل b (۰/۲۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر) مربوط به گیاهان در شرایط خاک شور بدون تیمار بود. تفاوت معنی‌داری ازنظر کلروفیل b بین گیاهان رشد کرده در خاک شور در مقایسه با خاک غیر شور وجود داشت، طوری که گیاهان رشد کرده در خاک شور میزان کلروفیل b بالاتری نسبت به شرایط غیر شور داشتند. کمترین مقدار کلروفیل b مربوط به گیاهان بذرمال شده با *ازتوباکتر* در خاک غیر شور (۰/۰۱ میکروگرم بر میلی‌لیتر) بود (شکل ۵-C).



شکل ٤- مقایسه میانگین‌های پتاسیم ریشه (A) و فسفر ریشه (B) بالنگوی شهری تحت تأثیر شوری و منابع مختلف کود نیتروژن

Fig. 4- Means comparison of root potassium (A) and root phosphorus (B) of *Lallemantia iniberica* affected by "Salinity×Salinity moderators"

تفاوت معنی‌داری در میزان کلروفیل کل بین گیاهان تیمار شده در خاک شور با خاک غیر شور وجود نداشت. با این حال بیشترین مقدار کلروفیل کل مربوط به گیاهان محلول‌پاشی *ازتوباکتر* در تنش شوری (۰/۶۶ میکروگرم بر میلی‌لیتر) و کمترین مقدار مربوط به گیاهان بذرمال در تنش شوری (۰/۳۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر) می‌باشد (شکل ۵-D). بالاترین غلظت کارتنوئید (۰/۱۶۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در گیاهان رشد یافته تحت تنش با محلول‌پاشی *ازتوباکتر* مشاهده شد. در تیمارهای کود اوره و بذرمال *ازتوباکتر* تفاوت معنی‌داری بین گیاهان در سطوح شوری وجود داشت، طوری که غلظت کارتنوئید در خاک شور کاهش یافت. گیاهان بدون تیمار در خاک شور و غیرشور مقدار کارتنوئید کمتری داشتند که بیشترین کاهش (۰/۰۹ میکروگرم بر میلی‌لیتر) مربوط به گیاهان در شرایط غیر شور بود (شکل ۵-E). در تنش گیاه، عموماً نظر بر این است که تجمع مواد محلول سازگار در حفظ تعادل اسمزی سلولی نقش مهمی را ایفا می‌کند (Valliyodan & Nguyen, 2006) به‌عنوان مثال تجمع پرولین در گیاه مقاومت به شوری را در آن افزایش می‌دهد (Kishor et al., 2005) درنتیجه، هرچقدر میزان پرولین در بافت‌های گیاهی افزایش یابد، گیاه مقاومت بیشتری را به تنش از خود نشان خواهد داد (Habibollahi et al., 2012). در بیشتر گونه‌های گیاهی تنش شوری موجب کاهش کلروفیل a و b و کارتنوئید می‌گردد (Aspinall, 1986). تنش شوری به سبب تغییراتی که در باز و بسته شدن روزنه‌ها، مقاومت روزنه‌ای و میزان کلروفیل برگ‌ها پدید می‌آورد، باعث کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌شود (Munns, 1993). همچنین شوری ممکن است باعث تغییر در فعالیت‌های درگیر در سنتز کلروفیل شده و بدین ترتیب از فعالیت آن بکاهد (Heidari, 2006). پروتئین‌ها و کوآنزیم‌های با کلروفیل در کلروپلاست در فقدان یا کمبود نیتروژن، به سنتز قادر نبوده و فعالیت‌های فتوسنتز و کلروفیل درنتیجه آن متوقف می‌گردد و این از علائم کمبود نیتروژن می‌باشد. نیتروژن به‌عنوان یک عنصر کلیدی در ساختمان بسیاری از ترکیبات سلول‌های گیاهی مطرح است (Salardini & Mojtahedi, 1978). افزایش رشد و نمو گیاه به تأثیر نیتروژن بر روی میزان فتوسنتز گیاه نسبت داده شد(Ivanova et al., 2003) . همچنین کودهای بیولوژیک نیز با در دسترس قرار دادن مقدار زیاد عناصر غذایی برای ریشه گیاهان (Salisbury et al., 1992)، تثبیت نیتروژن و تولید هورمون‌های مهم گیاهی (Lugtenberg et al., 2009) باعث افزایش کلروفیل و کارتنوئید و پرولین گیاهان می‌شود.



شکل ۵- مقایسه میانگین‌های پرولین (A)، کلروفیلa (B)، کلروفیلb (C)، کلروفیل کل (D) و کارتنوئید (E) بالنگوی شهری تحت تأثیر شوری و منابع مختلف کود نیتروژن

Fig. 5- Means comparison of proline (A), chlorophyll a (B), chlorophyll b (C), total chlorophyll (D) and carotenoid (E) of *Lallemantia iniberica* affected by “Salinity×Salinity moderators”

نتیجه‌گیری

عملکرد بیولوژیکی (در هر دو حالت بدون ریشه و با احتساب ریشه) در تیمارهای کودی نیتروژنه (غیر از کاهش معنی‌دار در تیمار بذرمال در شرایط غیر شور) با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد. در مورد عملکرد دانه بیشترین مقدار مربوط به گیاهان رشد کرده در محلول‌پاشی *ازتوباکتر* در تنش غیر شور بود، امّا کمترین مقدار عملکرد دانه در بذرمال *ازتوباکتر* تنش غیر شوری به‌دست آمد. کاهش طول ساقه در خاک شور با اعمال محلول‌پاشی *ازتوباکتر* نسبت به بقیه تیمارها بیشتر بود. بیشترین وزن گل مربوط به گیاهان در شرایط شوری با تیمار کود اوره بود. تلقیح بذر با *ازتوباکتر* به‌دلیل افزایش دسترسی و بهبود جذب عناصر غذایی توسط گیاه باعث افزایش شاخص‌های رشد گیاه گردید. بیشترین مقدار پتاسیم ریشه را گیاهان در شرایط غیر شور با اعمال کود اوره، و کمترین مقدار را محلول‌پاشی *ازتوباکتر* در شرایط شوری دارا بودند. با وجود کاهش فسفر بخش

هوایی در شرایط تنش شوری، فـ سفر ریـ شه تحت تأثیر شوری قرار نگرفت. غلظت پرولین برگی در هر دو خاک شور و غیر شور با افزودن کود اوره افزایش یافت. بیشـترین غلظت کلروفیل *a* مربوط به گیاهان محلول‌پاشی شده در شرایط تنش شوری و بذرمال *ازتوباکتر* در خاک غیر شـور بود. گیاهان رشـد یافته در خاک شـور میزان کلروفیل *b* بالاتری نسبت به شرایط غیر شور داشتند. بالاترین غلظت کارتنوئید در گیاهان رشد یافته تحت تنش با محلول‌پاشی *ازتوباکتر* مشاهده شد. به‌طورکلی، صـرف‌نظر از برخی تغییرات جزئی، شـوری باعث کاهش صفات مرتبط با عملکرد گیاه بالنگو شده است که تیمارهای نیتروژنه بخشی از کاهش عملکرد را جبران کردند.

References

Aspinall, D., 1986. Metabolic effects of water and salinity stress in relation to expansion of the leaf surface. Functional Plant Biology 13(1): 59-73.

Azad, M., Rostami, M., Ghaboli, M., and Mohedi, Z., 2017. Effect of salinity stress and salicylic acid on physiological characteristics of *Lallemantia royleana*. Journal of Plant Researches 31(2): 295-307 (In Persian with English Summary)

Bates, L.S., Waldren, R.P., and Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39(1): 205-207.

De Araújo, S.A., Silveira, J.A., Almeida, T.D., Rocha, I., Morais, D.L., and Viégas, R.A., 2006. Salinity tolerance of halophyte *Atriplex nummularia* L. grown under increasing NaCl levels. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 10(4): 848-854.

Dehghani, M., 2010. The effect of biological and chemical fertilizers on qualitative yield of shirazian chamomile. (*Matricaria recutita* L.). Islamic Azad University Press. Iran. (In Persian with English Summary)

El-Keltawi, N.E., and Croteau, R., 1987. Salinity depression of growth and essential oil formation in spearmint and marjoram and its reversal by foliar applied cytokinin. Phytochemistry 26: 1333-1334.

Emad, M., 2000. Medicinal Herbs Identification and their Uses. Vol. 3. Tosee Rustaei Press, Tehran, Iran, 312 pp. (In Persian)

Erdal, G., Esengün, K., Erdal, H., and Gündüz, O., 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32(1): 35-41.

Fetri, M., Dargahikhoo, A., and Rajabi, M., 2014. Effect of drought and salinity tensions on germination and seedling growth of common yarrow (*Achillea millefolium* L.) in laboratory conditions. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research 2: 383-391.

Flowers, T.J., and Flowers, S.A., 2005. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? Agricultural Water Management 78(1-2): 15-24.

Gani Dehkordi, F., Gasemi Pir Balooti, A., Hamedi, B., and Malek Poor, F., 2011. Different levels of water and nitrogen on morphological and physiological traits of chamomile (*Matricaria aurea* L.). Journal of Herbal Drugs 2(2): 101-111. (In Persian with English Summary)

Glenn, E.P., Olsen, M., Frye, R., Moore, D., and Miyamoto, S., 1994. How much sodium accumulation is necessary for salt tolerance in subspecies of the halophyte *Atriplex canescens*? Plant, Cell and Environment 17(6): 711-719.

Grattan, S.R., and Grieve, C.M., 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Scientia Horticulturae 78(1-4): 127-157.

Greenway, H., and Munns, R., 1980. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. Annual Review of Plant Physiology 31(1): 149-190.

Grieve, C.M., and Grattan, S.R., 1983. Rapid assay for determination of water soluble quaternary ammonium compounds. Plant and Soil 70(2): 303-307.

Habibollahi, N., Mahdiyeh, M., and Amirjani, M.R., 2012. Effect of salt stress on growth, proline, antioxidant

enzyme activity and photosystem II efficiency in salt-sensitive and -tolerant rice cultivars. Journal of Plant Biology 13: 96-85. (In Persian with English Summary)

Heidari, M., 2006. Physiology and Mechanisms of Resistance to Environmental Stresses in Crops. Shahroud University of Technology Publications, Shahrood, Iran. 244 pp. (In Persian)

Hokmalipour, S., and Seyedsharifi, R., 2015. Effect of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) affected by different levels of nitrogen and phosphorus fertilizers on the yield and some physiological parameters of barley (*Hordeum vulgare* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12(4): 822-833. (In Persian with English Summary)

Hosseini, R., Galeshi, S., Soltani, A., and Kalateh, M., 2012. The effect of nitrogen on yield and yield component in modern and old wheat cultivars. Electronic Journal of Crop Production 1(4): 187-199. (In Persian with English Summary)

Ion, V., Basa, A.G., Sandoiu, D.I., and Obrisca, M., 2011. Results regarding biological characteristics of the species *Lallemantia iberica* in the specific conditions from south Romania. *UASVM Bucharest,* Series A 54: 275-280.

Irigoyen, J.J., Einerich, D.W., and Sánchez-Díaz, M., 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiologia Plantarum 84(1): 55-60.

Ivanova, V., and Vassilev, A., 2003. Biometric and physiological characteristics of chrysanthemum (*Chrysanthemum indicum* L.) plants grown at different rates of nitrogen fertilization. Journal of Central European Agriculture 4(1): 1-6.

Jalali, N.R., Homaee, M., and Mirnia, S.K., 2008. Modeling canola response to salinity in productive growth stages. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 12(44): 111-121. (In Persian with English Summary)

Kishor, P.K., Sangam, S., Amrutha, R.N., Laxmi, P.S., Naidu, K.R., Rao, K.R.S.S., and Sreenivasulu, N., 2005. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: Its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. Current Science 88(3): 424-438.

Koocheki, A., and Seyyedi, S.M., 2015. Relationship between nitrogen and phosphorus use efficiency in saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by mother corm size and fertilization. Industrial Crops and Products 71: 128-137.

Kozlowski, T.T., 1972. Plant Response and Control of Water Balance. Academic Press, New York, 382pp.

Lichtenthaler, H.K., and Buschmann, C., 2001. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. Current Protocols in Food Analytical Chemistry 1(1): F4-3.

Maleki Farahani, S., Fayyaz, F., and Paravar, A., 2019. Effect of sowing date, nitrogen and phosphorus on grain yield, mucilage production, and nitrogen and phosphorus in *Lallemantia royleana* Benth. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 3(35): 351-366. (In Persian with English Summary)

Mehmet, D.K., and Ahmet, Z.R., 2003. Effects of different soil salinity levels on germination and seedling growth of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry 27: 221-227.

Mollafilabi, A., Rashed, M.H., Moodi, H., and Kafi, M., 2010. Effect of plant density and nitrogen on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). Acta Horticulturae 85: 115–126.

Mona, Y.K., and Khalil, Y., 2006. How-far would *Plantago afra* L. respond to bio and organic manures amendments. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 2(1): 12-21.

Munns, R., 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. Plant, Cell and Environment 16(1): 15-24.

Nabati, J., Kafi, M., Masoumi, A., and Mehrjerdi, M.Z., 2013. Effect of salinity and silicon application on photosynthetic characteristics of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). International Journal of Agricultural Sciences 3(4): 483-492. (In Persian with English Summary)

Naghibi, F., Mosaddegh, M., Mohammadi Motamed, M., and Ghorbani, A., 2010. Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology. Iranian Journal of Pharmaceutical Research 4(2): 63-79. (In Persian with English Summary)

Nikkhah, A., Khojastehpour, M., Emadi, B., Taheri-Rad, A., and Khorramdel, S., 2015. Environmental impacts of peanut production system using life cycle assessment methodology. Journal of Cleaner Production 92: 84-90.

Nouri, K., Omidi, H., Naghdi badi, H.A., Torabi, H., and Fotokian, M.H., 2013. Effects of soil and water salinity on flower yield, soluble compounds, content of saline elements and essential oil quality of German chamomile (Shirazian babooneh, *Matricaria recutita* L.). Journal of Water Research in Agriculture 26(4): 367-79. (In Persian with English Summary)

Rabiee, M., Kavousi, M., Shokri Vahed, H., and Tousi Kehal, P., 2013. Effect of concentration and time of foliar spraying of nitrogen fertilizer on grain yield and important traits of rapeseed (*Brassica napus* L.) cv. Hyola 401. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 17(63): 43-53. (In Persian with English abstract)

Rahimi, Z., and Kafi, M., 2010. Effects of salinity and silicon application on biomass accumulation, sodium and potassium content of leaves and roots of Purslane (*Portulaca oleracea* L.). Journal of Water and Soil 24(2): 367-374. (In Persian with English Summary)

Rao, T.S., Purnapragnachar, H., and Hadimini, A.S., 1969. Effect of soil salinity on germination of paddy varieties. Journal Indian Society of Soil Science 17: 431-435.

Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., and Holaday, A.S., 1990. Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30(1): 105-111.

Sadighi, A.A., Bakhsh Colarestaghi, K., and Haj Mohammadnia Ghalibaf, K., 2014. Investigating the effect of urea and vermicompost fertilization on quantitative and qualitative yield of *Althea officinalis* L. Journal of Agroecology 6(1): 25-50. (In Persian with English Summary)

Sadighi, A.A., Hajmohammadnia Ghalibaf, K., and Seyyedi, S.M., 2017. The effects of vermicompost and urea fertilizers on nitrogen, phosphorus and potassium uptake in marshmallow (*Althea officinalis* L.) organ. Journal of Plant Ecophysiology 28(9): 123-132. (In Persian with English Summary)

Saeedi, G.A., 2008. The impact of macro and micro elements on grain yield and other agronomic traits Sesame (*Sesamum indicum* L.) in Isfahan. Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resource 12(45): 379-390. (In Persian with English Summary)

Safari Mohammadieh, Z., Moghadam, M., Abedi, B., and Samiei, L., 2015. The effect of salinity stress on some functional parameters and morphological characteristics of green mint (*Mentha spicata* L.) in hydroponic conditions. Journal of Science and Technology of Greenhouse 6(23): 97-106. (In Persian with English Summary)

Salardini, A., and Mojtahedi, M., 1978. Principles of plant nutrition; nitrogen, zinc, iron. Tehran University Press. 2nd edition. 309 pp. (In Persian)

Salisbury, FB., and Ross, CW., 1992. Hormones and growth regulators: Auxins and gibberellins. pp. 357-372. In: Plant Physiology, 4th Ed., Wadsworth Public, California.

Sarmadian, GH., and Koocheki, A., 2013. Physiology of Agricultural Universities. Mashhad University Jihad Publications, Iran. 252 pp. (In Persian)

SAS Institute, 1999. SAS/Stat User's Guide, Version 9.1. SAS Institute, Cary, NC.

Sharief, A.E., Mohamed, Z.A., and Salama, S.M., 1997. Evaluation of some sugar beet cultivars to NPK fertilizers and yield analysis. Mansoura University Journal of Agricultural Sciences 22(6): 1887-1903.

Soughi, H., Kazemi, M., Kalateh Arabi, M., Shykh, F., Abroudi, S.A.M., and Askar, M., 2010. Effect of different amounts of foliar- and soil- applied N on yield and yield components of promising bread wheat (*Triticum aestivum*) lines in Gorgan. Electronic Journal of Crop Production 2(4): 167-176. (In Persian with

English Summary)

Tabrizi, L., Amini, P., and Khoshbakht, K., 2015. Investigating the production systems and biodiversity of medicinal and aromatic plants in agricultural ecosystems of the province Qazvin. Journal of Agroecology 6(4): 880-890. (In Persian with English Summary)

Taiz, L., and Zeiger, E., 2010. Plant Physiology (5th Edition). Sinauer Associates Inc. 782 pp.

Lugtenberg, B., and Kamilova, F. 2009. Plant-growth-promoting rhizobacteria. Annual Review of Microbiology 63: 541-556.

Tenninghoff, E., and Houba, V. 2004. Plant Analysis Procedures (second Edition). Kluwer Academic Publishers, 180 pp.

Usher, G., 1974. A Dictionary of Plants used by Man. Constable and Company Ltd, 619pp.

Valliyodan, B., and Nguyen, H.T. 2006. Understanding regulatory networks and engineering for enhanced drought tolerance in plants. Current Opinion in Plant Biology 9(2): 189-195.

Vojodi Mehrabani, L., Hassanpour aghdam, M.B., and Valizadeh Kamran, R. 2017. Growth and some physiological characteristics of savory (*Satureja hortensis* L.) as affected by salinity stress. Journal of Crop Ecophysiology 1(11): 99-110. (In Persian with English Summary)

Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125(1-2): 155-166.

Youssef, A.A., Edris, AE. and Gomaa, A.M., 2004. A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. Plant Annals of Agricultural Science 49: 299–311.

Zuccarini, P., 2008. Effects of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of *Phaseolus vulgaris* under NaCl stress. Biologia Plantarum 52(1): 157-160.

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.3, Fall 2021, p. 519-538

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص ۵۳۸-۵۱۹

Physiological and Biochemical Yield-Related Response of *Lallemantia iberica* to Nitrogen Fertilizer Sources in Soil Salinity Conditions

N. Bagheri[1] and A. Pirzad[2*]

Submitted: 07-08-2019
Accepted: 30-09-2020

Bagheri, N., and Pirzad, A., 2021. Physiological and biochemical yield-related response of *Lallemantia iberica* to nitrogen fertilizer sources in soil salinity conditions. Journal of Agroecology 13(3):519-538.

Introduction

The medicinal plant Dragon's head (*Lallemantia iberica,* Lamiaceae family), is more commonly known as "Gara Zayrah" in most parts of Iran, particularly in Azarbaijan region. It is one of the most important spring herbaceous plants in rainy and dryland farming areas cultivated in most parts of Azerbaijan. The ever-expanding soil salinity under the influence of human activities restricts crop production worldwide, especially in arid and semiarid regions. One of the strategies to enhance the crop yield is increasing in off-farm inputs like application of fertilizers. Managing or adding fertilizer can severely affect crop production in saline conditions. Therefore, nutrient addition can increase or decrease plant resistance to salinity or it may not be affected by salinity at all. Accordingly, due to the importance of Dragon's head as a climate-adapted medicinal plant in Iran, this study aimed to evaluate the effect of nitrogen fertilizer sources (urea and *Azotobacter*) on the morphological characteristics of *Lallemantia* under salinity conditions.

Materials and Methods

An experiment was conducted as factorial layout based on randomized complete block design with three replications in 2018 at Urmia University (latitude 44° 58' East, latitude 37 ° 39' North and altitude 1363 m above sea level). Treatments consisted of four levels of nitrogen fertilizer (urea fertilizer, 50 kg.ha^{-1}), *Azotobacter* as a foliar spraying and *Azotobacter* as a seeds inoculant (population of 10^9 per g) and no-fertilizer as control), and two soil salinity (saline was 6.70 and non-saline was 0.91 dS.m^{-1}). The seed yield, biological yield, leaf relative water content, leaf area, leaf perimeter, leaf area index, sodium, potassium and phosphorus content in root and shoot, glycine betaine, osmolytes (osmotic regulators), leaf chlorophyll and carotenoids of Dragon's head were measured. The analysis of variance (ANOVA) was performed using GLM procedure (SAS 9.1.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), with the means compared by LSD at $P \leq 0.05$.

Result and Discussion

The results showed that in non-saline conditions, the biological yield (regardless of root, as well as root included) treated by *Azotobacter* seed inoculant were decreased compared with

1- M.Sc. Student Agro-ecology, Department of Plant Production and Genetics, Urmia University, Iran.
2- Professor, Department of Plant Production and Genetics, Urmia University, Iran.
(*- Corresponding Author Email: a.pirzad@urmia.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v13i3.82396

control, while the biological yield of untreated control plants were identical with the application of other nitrogen treatments. However, biological yield increased by *Azotobacter* seed inoculant in saline soil. In contrast to the decrease in stem length in saline soils, especially with the *Azotobacter* foliar application, the flower weight gain was significantly higher with urea fertilizer even under saline conditions. The highest crop growth rate (regardless of root, as well as root included) was related to plants grown in saline soils without fertilizer application. In other words, except for seed treatment, *Azotobacter* had no significant effect on crop growth rate under salinity. Moreover, the greatest amount of root potassium was obtained from plants in non-saline conditions with urea fertilizer. Despite the decrease in aerial phosphorus under salinity stress, root phosphorus was not affected by salinity, whereas urea increased shoot and root phosphorus. The plants had the highest concentration of total chlorophyll and carotenoids under salinity and foliar application of *Azotobacter*. The highest reduction of carotenoid was observed in saline soils in control plants, urea and *Azotobacter* seed treatments, respectively. Despite increasing proline concentration in plants grown in saline soil, urea and seed inoculation lead to decreasing the leaf proline. Other osmotic regulators, glycinebeta and water-soluble carbohydrates were not affected by soil salinity and nitrogen fertilizer sources. Shoot and root sodium were increased in saline soils, and applying urea fertilizer caused more increases. Root potassium was not changed in saline soils, but potassium content of aerial parts was decreased. This resulted in a decrease in the potassium to sodium ratio of both aerial parts and the root.

Conclusion

In general, despite some minor changes, salinity caused decreasing the level of morphological and physiological responses related to the yield of Dragon's head plant. However, applying nitrogen fertilizers reduced salinity damages by seed inoculation of *Azotobacter* and urea, respectively. *Azotobacter* foliar application showed no advantage over saline and non-saline conditions over control treatment (without receiving fertilizer).

Keywords: Biofertilizers, Biomass, Carotenoids, Nitrogen fertilizers, Nutrients